

TUGAS AKHIR – ME 141501

**PEMANFAATAN LIMBAH SERBUK KAYU SEBAGAI
CAMPURAN POLYURETHANE PADA INSULASI PALKA
KAPAL IKAN TRADISIONAL**

**Mochamad Hidayat
N.R.P. 4214 106 005**

Dosen Pembimbing

**Sutopo Purwono Fitri., ST., M.Eng., Ph.D.
Dr. Eng. M. Badrus Zaman, ST., MT.**

**Jurusan Teknik Sistem Perkapalan
Fakultas Teknologi Kelautan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya
2017**



FINAL PROJECT – ME 141501

APPLICATION OF WASTE SAWDUST AS MIXED POLYURETHANE INSULATION IN TRADITIONAL COLD STORAGE OF FISHING VESSEL

**Mochamad Hidayat
N.R.P. 4214 106 005**

Advisor

**Sutopo Purwono Fitri., ST., M.Eng., Ph.D.
Dr. Eng. M. Badrus Zaman, ST., MT.**

**Department of Marine Engineering
Faculty of Marine Engineering
Sepuluh Nopember Institute of Technology
Surabaya
2017**

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

LEMBAR PENGESAHAN

PEMANFAATAN LIMBAH SERBUK KAYU SEBAGAI CAMPURAN POLYURETHANE PADA INSULASI PALKA KAPAL IKAN TRADISIONAL

TUGAS AKHIR


Diajukan Guna Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
pada
Bidang Studi Marine, Machinery And System
Departemen Teknik Sistem Perkapalan
Fakultas Teknologi Kelautan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :

MOCHAMAD HIDAYAT
N.R.P. 4214.106.005

Disetujui Oleh Dosen Pembimbing Tugas Akhir

Sutopo Purwono Fitri., ST., M.Eng., Ph.D.
NIP. 1975 1006 2002 12 1003


(.....)

Dr. Eng. M. Badrus Zaman, ST., MT.
NIP. 1997 0802 2008 01 1007


(.....)

SURABAYA, 23 JANUARI 2017

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

LEMBAR PENGESAHAN

PEMANFAATAN LIMBAH SERBUK KAYU SEBAGAI CAMPURAN POLYURETHANE PADA INSULASI PALKA KAPAL IKAN TRADISIONAL

TUGAS AKHIR

Diajukan Guna Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
pada

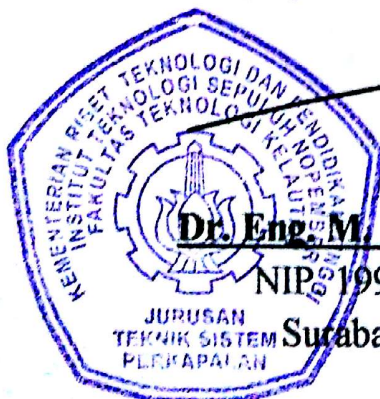
Bidang Studi Marine, Machinery And System
Departemen Teknik Sistem Perkapalan
Fakultas Teknologi Kelautan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :

MOCHAMAD HIDAYAT
N.R.P. 4214.106.005

Disetujui Oleh

Kepala Departemen Teknik Sistem Perkapalan



Dr. Eng. M. Badrus Zaman, ST., MT.

NIP. 1997 0802 2008 01 1007

Surabaya, 23 Januari 2017

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

PEMANFAATAN LIMBAH SERBUK KAYU SEBAGAI CAMPURAN POLYURETHANE PADA INSULASI PALKA KAPAL IKAN TRADISIONAL

Nama : Mochamad Hidayat
NRP : 4214 106 005
Dosen Pembimbing I : Sutopo Purwono Fitri. ST.,M.Eng.,Ph.D.
Dosen Pembimbing II : Dr. Eng. M. Badrus Zaman, ST., MT.

ABSTRAK

Dalam proses penangkapan ikan sangat dibutuhkan beberapa perlengkapan seperti alat penangkap ikan, instrumentasi dan palka/tempat penyimpanan sementara ikan. Nelayan tradisional yang melautnya *one day fishing* biasanya hanya membawa es balok. Polyurethane adalah buih plastik padat campuran larutan Polyol dan Isocynate yang biasa digunakan sebagai bahan insulator pada tempat penyimpanan. Dari hasil pengamatan limbah penggergajian yang dihasilkan menjadi serbuk kayu per gelondong dengan diameter 30 cm dan panjang 1 m dengan 5 kali penggergajian, tebal gergaji 0,8 cm dihasilkan 0,0088 m³/ gelondong hanya dibuang atau dibakar. Oleh karenanya dibutuhkan uji konduktivitas termal untuk campuran serbuk kayu dan polyurethane dengan berbagai variasi perbandingan takaran. Penambahan serbuk kayu maksimum dapat dilakukan adalah 40% dari total volume bahan campuran, yaitu polyurethane dan serbuk kayu karena bahan komposit (serbuk kayu-polyurethane) tidak dapat berikatan dengan baik sehingga mudah terpisah dari bentuk lempengan asalnya. Konduktivitas termal insulator yang baik dan ekonomis pada penambahan 40% serbuk kayu (0.05252 W/m°C) dan mampu mempertahankan 2 kg

es kristal hingga mencair sempurna pada 34 jam. Keuntungan secara ekonomis dalam pembuatan insulasi sebesar 4,8 m³ dengan pengaplikasian komposit didapatkan sebesar Rp 4.486.000 dibanding dengan pembuatan insulasi 100% Polyurethane pada volume yang sama.

Kata kunci : Serbuk Kayu, Komposit, Polyurethane, Insulasi dan Konduktivitas Termal

APPLICATION OF WASTE SAWDUST AS MIXED POLYURETHANE INSULATION IN TRADITIONAL COLD STORAGE OF FISHING VESSEL

Name : Mochamad Hidayat
NRP : 4214 106 005
1st Advisor : Sutopo Purwono Fitri. ST.,M.Eng.,Ph.D.
2nd Advisor : Dr. Eng. M. Badrus Zaman, ST., MT.

ABSTRACT

In the process of fishing it takes some supplies such as fishing equipment, instrumentation and storage of fish. The traditional fishermen of their fishing days fishing usually only bring ice cubes. Solid plastic polyurethane foam is a mixture solution of polyols and isocyanates, commonly used as an insulating material storage. From the observation waste generated being sawmill sawdust per spindle with diameter of 30 cm and a length of 1 m with 5 times sawmill, Saws 0.8 cm thick produced 0.0088 m³ / burnable logs only discarded. Therefore takes thermal conductivity test to review mixture of sawdust and polyurethane comparison with variations different dosing. Maximum disposals sawdust can be done is 40% of the total volume of material mixture, polyurethane and sawdust because composite material (sawdust-polyurethane) can not be bond with good so easy slab separately from origin form. Thermal Conductivity insulating good and economical on disposals 40% wood flour (0.05252 W / m°C) and is able to maintain a 2 kg of ice crystals melt up perfect on 34 hours. Operating profits economical from 4,8 m³ insulation composite application with

obtained Rp 4.486.000 compared with 100% Polyurethane Insulation Manufacture.

Keywords : *Sawdust, Composites, Polyurethane, Insulation and Thermal Conductivity.*

KATA PENGANTAR

Assalamualaikum Wr. Wb.

Puji syukur saya ucapkan kehadirat Alloh SWT yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya sehingga saya mampu menyelesaikan skripsi ini dengan baik. Shalawat serta salam tidak lupa saya ucapkan ke junjungan Nabi besar Muhammad Rosululloh SAW.

Penyusunan skripsi ini bertujuan untuk memenuhi salah satu persyaratan memperoleh gelar Sarjana Teknik (S.T.) di Jurusan Teknik Sistem Perkapalan, Fakultas Teknologi Kelautan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

Maka dalam kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih kepada :

- Bapak dan Ibu, orang tua saya yang selalu mendukung dan membiayai kuliah saya.
- Bapak. Dr. Eng. M. Badrus Zaman, ST.,MT. selaku Ketua Jurusan Teknik Sistem Perkapalan serta selaku Dosen Pembimbing II.
- Bapak. Sutopo Purwono Fitri., ST.,M.Eng., Ph.D. selaku Dosen Pembimbing I.
- Bapak. Dhimas Widhi H, ST., M.Sc. Selaku Dosen wali.
- Bapak Alam Baheramsyah sebagai pemberi pelajaran serta pemicu awal pengerjaan skripsi ini.
- Seluruh teman – teman dari lab mesflu Siskal.
- Teman seperjuangan Lintas jalur Teknik Sistem Perkapalan angkatan 2014 semester genap.
- Rekan – rekan penghuni kost GK 41 yang selalu setia menemani siang dan malam.
- Serta seluruh orang yang mendukung terselesaikannya skripsi ini.

Semoga dengan selesainya Skripsi ini dapat menambah wawasan serta ilmu yang bermanfaat bagi para pembaca sekalian.

Akhir kata terima kasih.

Wassalamualaikum Wr. Wb.

Surabaya,
Penyusun.

DAFTAR ISI

Lembar Pengesahan	i
Abstrak	v
Abstract	vii
Kata Pengantar	ix
Daftar Isi	xi
Daftar Gambar	xv
Daftar Tabel	xvii

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah	2
1.4 Tujuan	2
1.5 Manfaat	3

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Teknik Penangkapan Ikan Diatas Kapal	5
2.1.1 Palka	5
2.1.2 Palka Berinsulasi	7
2.2. Polyurethane	9
2.3. Serbuk Kayu	12
2.4. Pengukuran Penerimaan Panas	14
2.4.1. ASTM C 518	17
2.4.2. ASTM C 1045	18

BAB III METODOLOGI

3.1. Diagram Alir	19
3.2. Studi Empiris	20
3.2.1. Penggunaan Serbuk Gergaji sebagai Insulator	21
3.2.1. Pencampuran Sabut Kelapa dengan Polyurethane	21
3.3. Pembuatan Komposit	22
3.4. Pengukuran Karakteristik Thermal Properties	23
3.5. Perbandingan Ekonomis	24

BAB IV PEMBAHASAN DAN ANALISA

4.1 Spesimen Komposit	27
4.2. Karakteristik Thermal Properties	29
4.3. Perbandingan Distribusi Temperatur	33
4.3.1. Coolbox 100% PU	35
4.3.2. Coolbox 60% PU,40% serbuk kayu	37
4.3.3. Perbandingan 100% PU dan Komposit 40% Serbuk	40
4.4. Perbandingan Matematis Distribusi Temperatur Coolbox	41
4.4.1. Coolbox 100% PU	42
4.4.2. Coolbox 60% PU,40% serbuk kayu	45
4.4.3. Perbandingan 100% PU dan Komposit 40% Serbuk	48
4.5. Analisa Ekonomi	49

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan	53
----------------	----

5.1.1 Teknis	.....	53
5.1.2 Ekonomis	.....	53
5.2 Saran	.....	54
DAFTAR PUSTAKA	.....	55
LAMPIRAN	.....	57
BIODATA	.....	65

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Busa Polyurethane	11
Gambar 2.2. Tahapan Ekspansi Polyurethane	11
Gambar 2.3. Serbuk Kayu Dalam Karung	14
Gambar 3.1. Diagram Alir Penelitian	20
Gambar 4.1. Pembuatan Spesimen	28
Gambar 4.2. Spesimen 50%PU dan 50% Serbuk kayu	28
Gambar 4.3. Plat Pendingin	29
Gambar 4.4. Plat Pemanas	30
Gambar 4.5. Instrumen Pengukuran Termal Properties	31
Gambar 4.6. Pengujian Konduktivitas	32
Gambar 4.7. Konduktivitas Spesimen	33
Gambar 4.8. Pengujian Distribusi pada Coolbox	34
Gambar 4.9. Temperatur luar dan dalam coolbox 100% PU	37
Gambar 4.10. Temperatur luar dan dalam coolbox komposit	40
Gambar 4.11. Temperatur luar dan dalam coolbox 100% PU dan komposit	41
Gambar 4.12. Electrical Diagram Perpindahan Temperature Es Dari Dalam Coolbox	42
Gambar 4.13. Grafik laju panas coolbox 100%PU	45
Gambar 4.14. Grafik laju panas coolbox komposit	48

Gambar 4.15. Grafik laju panas coolbox 100% PU dan komposit	49
---	----

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Konduktivias Beberapa Bahan	7
Tabel 3.1. Perbandingan Ekspansi	22
Tabel 4.1. Kebutuhan Spesimen Uji	27
Tabel 4.2. Pengukuran Temperatur dan Konduktivitas Spesimen	32
Tabel 4.3. Pengukuran temperature luar dan dalam pada Coolbox 100% PU	35
Tabel 4.4. Pengukuran temperature luar dan dalam pada Coolbox 60% PU, 40% Serbuk Kayu	38
Tabel 4.5. Perhitungan Heat Transfer pada Coolbox 100% PU	43
Tabel 4.6. Perhitungan Heat Transfer pada Coolbox 100% PU, 40% Serbuk Kayu	46
Tabel 4.7. Harga Barang Satuan di Pasar	49
Tabel 4.8. Kebutuhan Produksi 100%PU	50
Tabel 4.9. Kebutuhan Produksi Komposit 60% PU, 40% Serbuk Kayu	50

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Dalam proses penangkapan ikan sangat dibutuhkan beberapa perlengkapan seperti alat penangkap ikan, armada penangkapan ikan, instrumentasi dan palka/tempat penyimpanan sementara ikan. Nelayan-nelayan tradisional yang lama melautnya *one day fishing* biasanya hanya membawa es balok sebagai penanganan ikan di atas kapal agar mutu ikan saat tiba di tempat pendaratan ikan/pelabuhan tetap segar.

Kualitas penyimpanan ikan sangat tergantung pada kualitas dari bahan penyekat panas (*insulator*) yang digunakan. Penggunaan palka berinsulasi ternyata dapat menghemat es yang dibawa selama operasi penangkapan. Jumlah es tersisa saat pendaratan dan pembongkaran ternyata masih cukup banyak, yaitu antara 20 - 30% bahkan dapat mencapai 50%. (Nasution, 2014).

Polyurethane adalah bahan yang biasa digunakan sebagai insulasi penahan suhu pada palka penyimpanan ikan. Namun sekarang ini, kendala yang sangat dirasakan khususnya oleh nelayan adalah masalah biaya bahan insulasi yang terus meningkat, keterbatasan ini disebabkan karena mahalnya harga bahan baku insulasi.

Dari industri penggergajian, banyak dihasilkan limbah kayu yang berupa serbuk kayu (grajen) dan potongan kayu (tatal). Dari hasil pengamatan dilapangan limbah penggergajian yang dihasilkan menjadi serbuk kayu per gelondong dengan diameter 30 cm dan panjang 1 m dengan 5 kali penggergajian, tebal gergaji 0,8 cm dihasilkan 0,0088 m³ / gelondong hanya dibuang atau dibakar. (Badrawada *et al.*, 2009). Serbuk ini memiliki potensi untuk digunakan sebagai bahan baku pengganti isolator. Dengan penanganan khusus akan ditemukan komposisi yang

memungkinkan untuk pemanfaatan serbuk gergaji sebagai bahan baku atau campuran bahan isolator pada palka kapal ikan.

Oleh karenanya dibutuhkan uji konduktivitas termal untuk campuran serbuk kayu dan polyurethane dengan berbagai variasi perbandingan takaran 10% hingga 90%. Dengan penelitian ini diharapkan serbuk gergaji (limbah pabrik kayu) nantinya dapat dijadikan bahan baku atau campuran isolator yang lebih murah, tetapi tetap memiliki sifat isolator yang baik dan bisa dibuat sendiri oleh nelayan-nelayan tradisional.

1.2 Perumusan Masalah

Permasalahan yang dimuat dalam penelitian tugas akhir ini sebagai berikut :

1. Bagaimana karakteristik thermis komposit campuran serbuk kayu dengan polyurethane?
2. Bagaimana perbandingan campuran serbuk kayu dengan polyurethane yang optimal sebagai bahan insulator palka kapal ikan tradisional?
3. Berapakah keuntungan secara ekonomis penggunaan serbuk kayu sebagai campuran polyurethane untuk insulasi palka kapal ikan?

1.3 Batasan Masalah

Agar permasalahan yang dibahas dalam Tugas Akhir ini tidak meluas, maka diberikan batasan-batasan masalah sebagai berikut:

1. Dalam penelitian ini hanya menentukan nilai konduktivitas thermal campuran serbuk kayu dengan polyurethane.
2. Perbandingan ekonomis penggunaan serbuk kayu sebagai campuran polyurethane dilakukan pada kapal nelayan 30 GT di daerah Paciran, Lamongan.

1.4 Tujuan

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui penggunaan serbuk gergaji sebagai bahan campuran polyurethane sebagai isolator palka kapal ikan dan menemukan komposisi terbaik

perbandingan serbuk gergaji dan polyurethane serta keuntungan ekonomis penggunaannya pada kapal 30 GT.

1.5 Manfaat

Dengan penelitian ini diharapkan serbuk gergaji yang terbuang dari limbah pabrik kayu dapat bermanfaat bagi nelayan tradisional sebagai bahan campuran polyurethane untuk pembuatan insulasi pada palka ikan agar dapat mengurangi biaya pembuatan.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Teknik Penanganan Ikan Diatas Kapal

Penanganan ikan di atas kapal harus baik dan benar agar di peroleh hasil yang semaksimal mungkin. Keberhasilan penanganan ikan di atas kapal dapat di pengaruhi oleh beberapa faktor di antaranya alat penanganan, media pendingin, teknik penanganan, dan keterampilan pekerja.

Pemakaian alat-alat penanganan yang lengkap dan baik dalam arti dapat memperkecil kerusakan fisik, kimia, mikrobiologi dan biokimia akan memberikan hasil yang maksimal. Media pendingin yang memberikan hasil yang baik adalah media pendingin yang dapat memperlambat proses biokimia dan pertumbuhan mikroba dalam daging ikan.

2.1.1 Palka

Palka adalah suatu ruangan yang terdapat dalam kapal untuk menyimpan ikan hasil tangkapan selama beroperasi. Ukuran palka disesuaikan dengan kemampuan kapal beroperasi dan menangkap ikan.

Berdasarkan kelayakan usaha, keuntungan yang besar dari suatu operasi penangkapan adalah suatu hal yang sangat diharapkan oleh semua nelayan. Keuntungan yang besar ini dapat diperoleh tidak hanya dengan memperbanyak hasil tangkapan, tetapi juga dengan memaksimalkan usaha mempertahankan tingkat kesegaran ikan tersebut sampai dijual. Hal ini dimaksudkan agar diperoleh harga jual yang tinggi per satuan berat ikan.

Persyaratan palka di bagi menjadi 4 bagian :

1. Persyaratan teknis, yang harus dipenuhi oleh palka adalah mampu meminimalkan pengaruh panas yang masuk ke dalam palka. Panas yang masuk ke dalam palka akan memperbesar beban pendinginan. Akibatnya, penurunan suhu tubuh ikan

menjadi lebih lama dan usaha menstabilkan suhu ruang penyimpanan juga menjadi terganggu karena adanya fluktuasi.

2. Persyaratan ekonomis, ukuran ruang palka jangan terlalu luas, tetapi juga jangan terlalu sempit. Luas palka harus disesuaikan dengan kemampuan kapal dalam beroperasi dan menangkap ikan. Ruang yang terlalu luas dan tidak sesuai dengan hasil tangkapan yang diperoleh akan menyebabkan banyak ruang yang kosong tidak terisi. Semakin luas ruang palka maka panas yang harus juga semakin besar sehingga media pendingin yang diperlukan lebih banyak. Dengan demikian, biaya pendinginan menjadi lebih besar.
3. Persyaratan sanitasi dan higienis, palka ikan harus memiliki sistem sanitasi dan higienis yang baik. Maksudnya, palka dapat dengan mudah dibersihkan, baik sebelum, maupun sesudah penyimpanan ikan dilakukan. Palka yang kotor dapat menjadi sumber bersarangnya bakteri dan mikroorganisme lain. Sementara ikan merupakan bahan pangan yang sangat mudah terkontaminasi, terutama oleh bakteri. Oleh karena itu, permukaan palka yang mungkin bersinggungan langsung dengan ikan harus dibuat dari bahan-bahan yang kedap air, mudah dibersihkan, dan mempunyai permukaan yang halus.
4. Persyaratan biologis, palka harus dibuat dengan drainase yang baik untuk mengeluarkan air lelehan es, lendir, dan darah yang mungkin yang terkumpul di dasar palka. Selama penyimpanan dalam palka, es yang digunakan dalam penanganan ikan akan mencair dan air lelehan ini akan melarutkan kotoran-kotoran dan darah ikan. Air lelehan tersebut, jika tidak dikeluarkan, akan menggenangi dasar palka dan menjadi sumber pencemaran yang serius karena dalam air tersebut banyak mengandung bakteri.

Palka yang paling digunakan pada kapal alat tangkap *purse seine* adalah palka yang diisolasi. Pemakaian palka yang diisolasi ini dimaksudkan untuk menekan sekecil mungkin penggunaan es. Dengan menghemat penggunaan es maka di peroleh beberapa keuntungan antara lain :

1. Pengurangan beban pengangkutan kapal ke tempat penangkapan.
2. Pemanfaatan banyak ruang untuk keperluan lain.
3. Pengurangan biaya pendinginan

2.1.2 Palka Berinsulasi

Palka berinsulasi adalah tempat/wadah yang dibuat dengan lapisan kedap yang dapat menghambat laju perpindahan panas untuk menjaga suhu didalam wadah/tempat yang bersifat tetap (*fixed*) ataupun dapat dipindahkan (*portable*) dari dan ke kapal perikanan yang bertujuan untuk mempertahankan kualitas hasil tangkapan.

Manfaat penggunaan palka berinsulasi adalah:

1. Menghemat sistem pendingin es dan daya awet ikan menjadi lebih lama.
2. Meningkatkan harga jual ikan karena mutunya dapat dipertahankan dan lebih terjamin.
3. Waktu penangkapan lebih lama.
4. Memperkecil tingkat kerusakan hasil tangkapan.
5. Memperluas jaringan pemasaran (termasuk ekspor) dan dapat meningkatkan pendapatan nelayan.

Bahan insulasi palka ikan biasanya menggunakan polyurethane yang terdiri dari campuran polyurethane A (polyol) dan polyurethane B (isocyanite). Bila kedua bahan tersebut dicampur akan mengembang membentuk padatan.

Konduktivitas beberapa bahan insulasi alternative dari berbagai penelitian yang telah dilakukan adalah:

Tabel 2.1 Konduktivitas beberapa bahan(Nasution, 2014)

No	Material	Density (kg/m ³)	Konduktivitas termal (W/m°C)
1	Wood soft	350 - 740	0.11 - 0.16

2	Wood hard	370 - 1100	0.11 – 0.255
3	Plywood	530	0.14
4	Aluminum alloy	2740	221
5	Mild steel	7800	45.3
6	Fiberglass reinforce plastic	64 - 144	0.036
7	High tensile polyethylene		0.5
8	Kulit baja kapal		0.72
9	Rongga udara		0.107
10	Styrofoam	`	0.3
11	Plester beton		0.72
12	Jenis kayu		0.15
13	Serat material		0.039
14	Lempengan gabus		0.043
15	Polystyrene		0.03
16	Polyurethane		0.025
17	Plaster aspal gips		0.056
18	Udara diam		0.103
19	Serut gergajian		0.065
20	Tebu		0.046
21	Sekam + polyurethane (72% + 28%)		0.029

2.2 Polyurethane

Usaha menciptakan polimer polyuretan pertama kali dirintis oleh Otto Bayer dan rekan-rekannya pada tahun 1933 di laboratorium I.G. Farben di Leverkusen, Jerman. Mereka menggunakan prinsip polimerisasi adisi untuk menghasilkan polyuretan dari diisosiyanat cair dan polieter cair atau diol poliester seperti menunjuk ke berbagai kesempatan spesial, khususnya saat dibandingkan dengan berbagai plastik yang dihasilkan dari olefin, atau dengan polikondensasi. Awalnya, usaha difokuskan pada produksi serat dan busa yang fleksibel. Kendati pengembangan terintangi oleh perang dunia II (saat itu PU digunakan dalam skala terbatas sebagai pelapisan pesawat), poliisosiyanat telah menjadi tersedia secara komersial sebelum tahun 1952.

Produksi komersial busa poliuretan yang fleksibel dimulai pada 1954, didasarkan pada toluena diisosiyanat (TDI) dan polioli poliester. Penemuan busa ini (yang awalnya dijuluki *keju Swiss* imitasi oleh beberapa penemu) adalah berkat jasa air yang tak sengaja dicampurkan ke dalam campuran reaksi. Bahan-bahan ini digunakan pula untuk memproduksi busa kaku, karet gom, dan elastomer. Serat linear diproduksi dari heksametilena diisosiyanat (HDI) dan 1,4-butanadiol (BDO).

Polyol polieter yang tersedia secara komersial untuk pertama kalinya, poli(tetrametilena eter) glikol, diperkenalkan oleh DuPont pada 1956 dengan mempolimerisasikan tetrahidrofur. Glikol polialkilena yang tak begitu mahal diperkenalkan BASF dan Dow Chemical setahun selanjutnya, 1957. Polioli polieter menawarkan sejumlah keuntungan teknis dan komersial seperti biaya yang rendah, penanganan yang mudah, dan stabilitas hidrolitik yang lebih baik; dan polioli poliester bisa digantikan dengan cepat dalam pembuatan barang-barang dari poliuretan. Pada 1960, lebih dari 45.000 ton busa poliuretan yang fleksibel diproduksi. Seiring dengan perkembangan zaman, tersedianya bahan tiup klorofluoroalkana, polioli polieter yang tak mahal, dan metilena difenil diisosiyanat (MDI) menjadi bukti dan penggunaan busa kaku poliuretan

sebagai bahan isolator berkinerja tinggi. Busa kaku yang didasarkan pada MDI polimerik menawarkan karakteristik pembakaran dan stabilitas suhu yang lebih baik daripada busa kaku berbasis TDI. Dalam 1967, diperkenalkan busa kaku poliisosiuranurak yang termodifikasi uretana, menawarkan sifat yang tak mudah terbakar serta stabilitas termal yang jauh lebih baik kepada berbagai produk isolator berdensitas rendah. Selain itu, dalam era 1960-an diperkenalkan pula sejumlah komponen pengaman bagian dalam otomotif seperti panel pintu dan instrumen yang dihasilkan dengan kulit termoplastik isian penguat dengan busa semi-kaku.

Busa poliuretan (termasuk juga karet busa) sering dibuat dengan menambahkan bahan asiri dalam jumlah kecil, yang disebut bahan pembusa, ke campuran reaksi. Bahan asiri yang sederhana menghasilkan berbagai karakteristik kinerja yang penting, terutama sekali isolator termal. Polyurethane adalah buih plastik padat campuran larutan Polyol dan Isocynate yang biasa digunakan sebagai bahan insulator penyekat panas pada tempat penyimpanan.

Penggunaan busa polyurethane padatan adalah salah satu yang paling efisien, bahan isolasi dengan kinerja yang tinggi, memungkinkan dalam penghematan energy yang sangat efektif dalam penyesuaian penggunaan ruang. Isolasi yang sangat baik pada bangunan merupakan contributor yang signifikan.

Ketika digunakan sebagai isolasi ruangan, busa polyurethane padat seperti yang ditunjukkan pada gambar 2.1 memiliki konduktivitas thermal yang rendah dengan rata-rata konsumsi energy lebih dari 50% dan busa polyurethane padat dapat menyederhanakan instalasi. Konduktivitas termal yang rendah berarti isolasi lebih tipis artinya adalah lebih mudah untuk masuk ke dalam rongga. Kinerja isolasi sangat tinggi bahkan dengan ketebalan sederhana, sifat mekanik yang baik dan adhesi yang sangat baik untuk mengikat bahan lainnya pada aplikasi yang luas.



Gambar 2.1 Busa Polyurethane (http://kwalitproducts.in/106_Polyurethane-Foam-%28PUF%29-50MM.html)



Gambar 2.2 Tahapan ekspansi polyurethane (Nasution, 2014)

Formulasi bahan busa dapat dimodifikasi dengan menggunakan berbagai bahan additive dalam menghasilkan sifat insulasi yang dibutuhkan. Dapat dilihat pada gambar 2.2, proses ekspansi polyurethane padat melalui empat tahapan, yaitu:

- Pencampuran larutan
- Pengadukan
- Mengembang (ekspansi)
- Pemadatan

2.3 Serbuk Kayu

Negara Indonesia mempunyai kekayaan alam yang sangat melimpah, salah satunya adalah kekayaan hutan yang menghasilkan kayu yang sangat melimpah jumlahnya maupun jenisnya. Kita kenal pulau-pulau yang hutannya sangat luas yaitu Kalimantan Sumatra, Irian Jaya dan lainnya. Kebutuhan akan kayu untuk industri semakin meningkat, sehingga penebangan hutan untuk dimanfaatkan kayunya otomatis semakin meningkat pula. Apalagi sekarang banyak hutan Indonesia ditebangi secara liar dan tidak terkontrol. Kalau hal ini terus dibiarkan maka hutan kita akan habis. Untuk itu dibutuhkan usaha untuk memanfaatkan kayu semaksimal mungkin, sehingga tidak banyak terbuang secara percuma.

- Sifat fisik serbuk kayu

Sifat – sifat ini antara lain daya hantar panas, daya hantar listrik, angka muai dan berat jenis. Perambatan panas pada kayu akan tertahan oleh pori – pori dan rongga – rongga pada sel kayu. Karena itu kayu bersifat sebagai penyekat panas. Semakin banyak pori dan rongga udaranya kayu semakin kurang penghantar panasnya. Selain itu daya hantar panas juga dipengaruhi oleh kadar air kayu, pada kadar air yang tinggi daya hantar panasnya juga semakin besar.

- Sifat higroskopik serbuk kayu

Akibat air yang keluar dari rongga sel dan dinding sel, kayu akan menyusut dan sebaliknya kayu akan mengembang apabila kadar airnya bertambah. Sifat kembang susut kayu dipengaruhi oleh kadar air, angka rapat kayu dan kelembaban udara.

- Sifat mekanik serbuk kayu

Kayu bersifat anisotrop (*non isotropic material*), dengan kekuatan yang berbeda – beda pada berbagai arah . Sel kayu jika mendapat gaya tarik sejajar serat akan mengalami patah tarik sehingga kulit sel hancur dan patah. Jika gaya tarik terjadi pada arah tegak lurus serat, maka gaya tarik menyebabkan zat lekat

lignin akan rusak. Dukungan gaya tarik pada arah tegak lurus serat jauh lebih kecil dibandingkan dengan pada arah sejajar serat. Sel kayu yang mengalami gaya desak dengan arah sejajar serat, menyebabkan sel kayu tertekuk. Sel – sel kayu disampingnya akan menghalangi tekuk ke arah luar, sehingga sel kayu patah karena tertekuk ke dalam.

Jika daya desak terjadi pada arah tegak lurus serat, sel kayu akan tertekan atau seolah – olah sel kayu dipejet saja. Jadi dukungan gaya desak pada arah tegak lurus serat akan lebih besar dibandingkan dengan pada arah serat sejajar. Gaya geser sejajar serat pada sel kayu akan menyebabkan rusaknya zat lekat lignin. Jika gaya geser terjadi pada arah tegak lurus serat, maka gaya seolah - olah memotong dinding – dinding sel. Gaya untuk memotong dinding sel lebih besar daripada gaya untuk mematahkan zat lekat lignin. Jadi dukungan gaya geser pada arah tegak lurus serat akan lebih besar dibandingkan dengan pada arah sejajar serat.

Dari industri penggergajian, banyak dihasilkan limbah kayu yang berupa serbuk kayu (grajen) dan potongan kayu (tatal). Dari hasil pengamatan lapangan limbah penggergajian yang dihasilkan menjadi serbuk kayu per gelondong dengan diameter 30 cm dan panjang 1 m dengan 5 kali penggergajian, tebal gergaji 0,8 cm dihasilkan 0,0088 m³ / gelondong hanya dibuang atau dibakar.

Pada pengamatan penulis di daerah industri pemotongan kayu di wilayah Paciran, Lamongan, serbuk kayu ini dikumpulkan kemudian dijual. Biasanya serbuk ini digunakan untuk membuat papan partikel atau digunakan sebagai bahan yang dibakar untuk penghangat di peternakan ayam. Rata- rata untuk satu karung serbuk gergaji seperti pada gambar 2.3 dijual dengan harga Rp 10.000.



Gambar 2.3 Serbuk kayu dalam karung (Hidayat, 2016)

Menurut Kholis et al, 2014. Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan dengan mencampurkan serbuk kayu dengan tepung tapioka(sebagai bahan pengikat) dapat ditarik sebuah kesimpulan bahwa penggunaan pembuatan isolator kotak pendingin ikan (*coolbox*) menggunakan serbuk gergaji dapat digunakan sebagai bahan baku isolator, tetapi masih perlu olahan dan modifikasi agar mampu menyaingi kualitas buatan pabrik.

Dari tiga perlakuan, komposisi yang terbaik dari aspek lama mempertahankan es yaitu perbandingan 100% serbuk gergaji yang mampu mempertahankan es 12-13 jam. Dengan rata-rata temperatur dinding dalam 12,9 C dan dinding luar 25,22 C, dengan temperatur terendah 8,3 C dinding dalam dan 24,3 C dinding luar sedangkan temperatur tertinggi 21,3 C dinding dalam dan 29,6 C dinding luar. Kemudian dari aspek temperatur yang terbaik yaitu perbandingan 70:30 dengan temperatur terendah dinding dalam 6,6 C dinding luar 20,4 C dan temperatur tertinggi dinding dalam 26,7 C dinding luar 28,6 C serta temperatur rata-rata dinding dalam 15,4 C dinding luar 22,37 C.

2.4 Pengukuran Penerimaan Panas

Indikator utama dalam menentukan kualitas bahan insulasi adalah melakukan pengukuran konduktivitas termal dengan menggunakan peralatan pengukuran suhu. Termasuk konduktivitas termal efektif pada variasi kerapatan serat alami. Penggunaan bahan penyekat panas yang baik dan lebih ekonomis

ditunjukkan dengan variasi kerapatan bahan yang optimum pada konduktivitas termal minimum. (Nasution, 2014). Ini dilakukan dengan pengukuran properties fisik dan variasi konduktivitas termal.

Kelayakan serat sebagai komposit alternative insulator panas harus dilakukan pengukuran konduktivitas. Sifat isolasi termal komposit dilakukan pengukuran sesuai dengan ASTM C518 dengan konduktivitas yang diukur pada kondisi steady state one dimensional.

Pada suhu rata – rata berkisar 15.6° C sampai 32° C, nilai konduktivitas termal berada dalam kisaran 0.02 W/mK sampai 0.06 W/mK yang biasanya digunakan untuk isolasi termal. Pengukuran konduktivitas termal pada specimen menurut ASTM C 1045 dihitung dengan formula:

$$\lambda = Q \cdot L / A (T_h - T_c) =W/(m^{\circ}C) \quad \dots\dots\dots (1)$$

Dimana:

Q = Daya rata – rata pemanas (Watt)

T_h = Temperatur permukaan plat panas (°C)

T_c = Temperatur permukaan plat dingin (°C)

A = Luasan specimen (m²)

L = Ketebalan specimen (m)

Sifat termal isolasi komposit serbuk kayu diukur dengan metode pengujian ASTM C518 *steady-state thermal transmission properties by means of the heat flow meter*.

Perpindahan kalor didefinisikan sebagai berpindahnya energy dari suatu sistem ke sistem yang lain akibat adanya perbedaan temperature antara kedua sistem tersebut. Besarnya kalor yang diterima dengan cara konduksi dalam suatu bahan (Q) adalah:

$$Q = k \cdot A \cdot \Delta T / x, (Watt) \quad \dots\dots\dots (2)$$

Dimana:

k = konduktivitas termal bahan($\text{W}/\text{cm}^\circ\text{C}$), yaitu sifat bahan yang menunjukkan jumlah kalor yang dapat mengalir melintasi satu satuan luas bahan.

A = luas penampang bahan(cm^2), yaitu area yang dilewati oleh kalor yang harus diukur tegak lurus dengan arah aliran kalor.

$\Delta T / x$ = adalah perbandingan perubahan suhu per satuan jarak ($^\circ\text{C}/\text{cm}$) pada penampang bahan, yaitu laju perubahan suhu T terhadap jarak x dalam arah aliran kalor.

Jika diaplikasikan ke sistem dalam palka(ruangan) seperti kapal, maka A adalah luas permukaan total dari palka kapal, x adalah tebal dari bahan penyekat panas palka, ΔT adalah beda temperature antara temperature dalam palka dan temperature sekitarnya, sedangkan k adalah tetapan konduktivitas panas dari bahan penyekat.

Menurut Nasution, 2014. Kalor yang dilepaskan saat es mencair didalam peti berinsulasi dengan laju perpindahan kalor:

$$Q = U \cdot A \cdot \Delta T \quad \dots\dots\dots (3)$$

Dan :

$$Q = m \cdot c \cdot \Delta T$$

$$Q = m \cdot \frac{L}{\Delta T}$$

$$Q = \frac{\Delta T}{R_{total}}$$

$$U = \frac{1}{R_{total}} \quad (\text{W}/\text{m}^2^\circ\text{C})$$

$$U = \frac{1}{\left(\frac{1}{h_1} \cdot A\right) + \left(\frac{x_1}{k_1} \cdot A_1\right) + \left(\frac{x_2}{k_2} \cdot A_2\right) + \left(\frac{1}{h_2} \cdot A_2\right)}$$

Dimana:

Q = Laju perpindahan panas (kkJ)

c = Kalor spesifik es = $0.53 \text{ cal}/\text{kg } ^\circ\text{C}$ dan air $1 \text{ cal}/\text{kg } ^\circ\text{C}$

h_1 = Di dalam palka berinsulasi = $20 \text{ W}/\text{m}^2^\circ\text{C}$

h_2 = Air dingin didalam palka = $5 \text{ W}/\text{m}^2^\circ\text{C}$

2.4.1 ASTM C 518 - 98

Standard Test Method for Steady-State Thermal Transmission Properties by Means of the Heat Flow Meter Apparatus.

Metode pengujian ini mencakup pengukuran steady state transmisi termal melalui spesimen rata menggunakan panas yang mengalir. Metode pengujian ini berlaku untuk pengukuran transmisi termal melalui berbagai sifat spesimen dan kondisi lingkungan. Metode ini digunakan pada kondisi kamar dari 10 sampai 40 °C dengan ketebalan hingga sekitar 250 mm, dan dengan suhu plat dari - 195 °C sampai 540 °C (ASTM C 518, 1998).

1. Spesimen Uji

Satu atau dua potong spesimen dapat digunakan, tergantung pada konfigurasi yang dipilih untuk ujian. Di mana dua potong yang digunakan, mereka harus dipilih dari bahan yang sama untuk menjadi dasarnya dan identik dalam konstruksi, ketebalan, dan kepadatan.

2. Pemilihan spesimen

Spesimen harus dari ukuran seperti atau yang dapat untuk menutupi permukaan plat dan berupa ketebalan yang sebenarnya untuk diterapkan dalam penggunaan atau ketebalan yang cukup untuk memberikan representasi rata-rata sebenarnya dari material yang akan diuji. Jika materi yang memadai tidak tersedia, spesimen harus setidaknya menutupi area metering, dan sisanya dari permukaan plat harus ditutupi dengan penutup dengan termal konduktivitas semirip mungkin dengan yang ada pada spesimen.

3. Kondisi spesimen

Rincian dari pemilihan spesimen diberikan dalam materi spesifikasi. Di mana spesifikasi tersebut tidak diberikan, persiapan spesimen harus dilakukan sesuai dengan persyaratan bahwa bahan tidak akan terkena suhu yang akan mengubah spesimen secara ireversibel. Biasanya, spesifikasi bahan untuk spesimen pada 22 ° C (72 ° F) dan 50% R.H. Untuk jangka waktu

sampai kurang dari perubahan massa 1% diamati selama periode 24 jam. Untuk beberapa bahan, seperti selulosa, waktu jauh lebih lama mungkin diperlukan untuk pengkondisian dan pengujian.

4. Perbedaan Temperatur

Untuk tes apapun, membuat perbedaan suhu seluruh spesimen tidak kurang dari 10 Kelvin. Untuk spesimen yang diharapkan memiliki daya tahan panas yang besar, perbedaan suhu lebih besar dalam spesimen dianjurkan (Lihat Practice C 1058 untuk pemilihan piring suhu). Perbedaan suhu yang sebenarnya atau gradien adalah spesifikasi terbaik yang ditentukan dalam spesifikasi bahan atau dengan kesepakatan pihak yang bersangkutan.

2.4.2 ASTM C 1045 – 97

Standard Practice for Calculating Thermal Transmission Properties Under Steady - State Conditions.

Definisi dan terminologi ini dimaksudkan untuk mengacu dengan terminologi C 168. Menurut ASTM C 1045, 1997. Konduktivitas thermal untuk kondisi rectangular, λ , dapat dikalkulasikan dengan:

$$\lambda = Q \cdot L / A (T_h - T_c) = \dots W/(m^{\circ}C) \quad \dots\dots\dots (4)$$

Dimana:

Q = Daya rata – rata pemanas (Watt)

T_h = Temperatur permukaan plat panas ($^{\circ}C$)

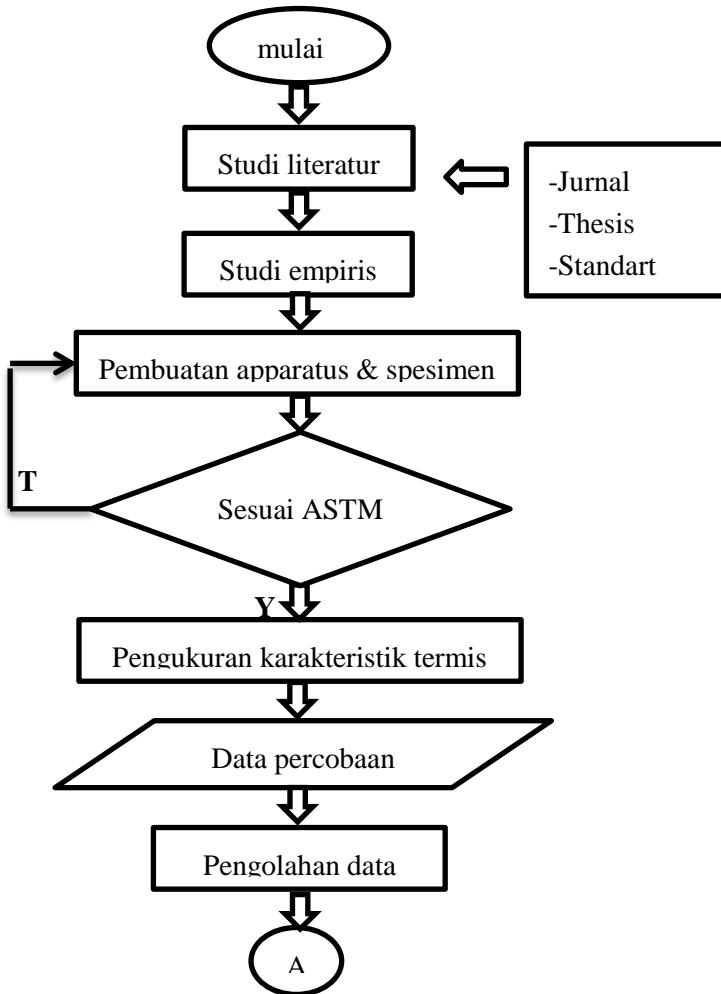
T_c = Temperatur permukaan plat dingin ($^{\circ}C$)

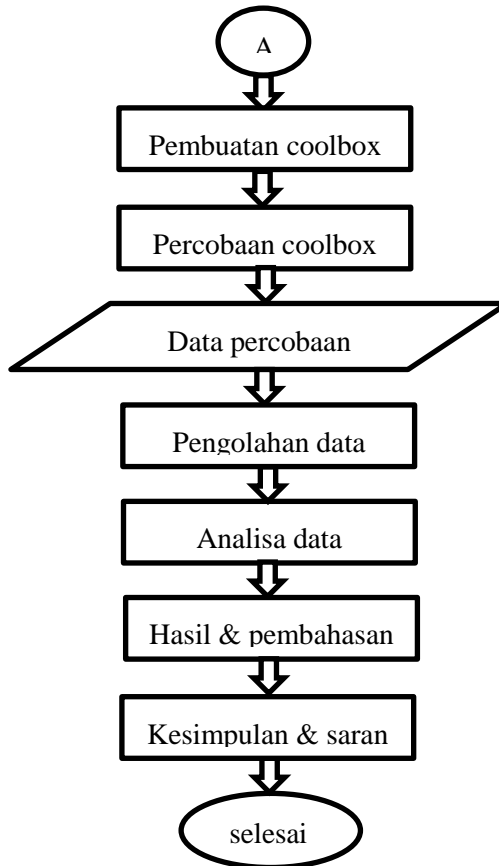
A = Luasan specimen (m^2)

L = Ketebalan specimen (m)

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Diagram Alir Pelaksanaan Penelitian





Gambar 3.1 Diagram alir penelitian

3.2 Studi Empiris

Penelitian sebelumnya yang membahas tentang penggunaan bahan pengganti sebagai insulator palka cukup banyak yang telah dilakukan. Dari penambahan rasio komposit sebagai insulator hingga penggantian menyeluruh dengan bahan baku lain.

3.2.1 Penggunaan Serbuk Gergaji sebagai Insulator

Menurut Kholis, 2014. Dari penelitian yang dilakukan pada 03-14 Juli 2014 di laboratorium Bahan Tangkap (BAT) Departemen Pemanfaatan Sumberdaya Air (PSP). Tujuan dari penelitian ini untuk mengetahui serbuk gergaji sebagai bahan baku untuk pembuatan isolasi dan menemukan komposisi terbaik untuk rasio yang telah ditentukan. Metode yang digunakan adalah metode eksperimen. Yang melakukan tes pada tiga pendingin ikan (coolbox) yang dibuat, dengan serbuk gergaji isolator dicampur dengan tepung tapioka dan kemudian data di analisis deskriptif. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penggunaan serbuk gergaji sebagai bahan baku isolator dapat digunakan tetapi perlu disempurnakan dan dimodifikasi untuk dapat bersaing dengan kualitas buatan pabrik. Dari tiga perawatan pendingin kotak ikan (coolbox) yang mempertahankan yang terbaik dari aspek rasio tua es adalah 100% serbuk gergaji untuk 12-13 jam. Sedangkan suhu aspek rasio terbaik adalah 70:30 dengan suhu terendah 6,6 °C dinding dalam dan dinding luar 20,4 °C

3.2.2 Pencampuran Sabut Kelapa dengan Polyurethane

Pada penelitiannya, Nasution, 2014. Melakukan pencampuran bahan insulator polyurethane dengan sabut kelapa dengan berbagai variasi perbandingan. Juga dengan menggunakan standart ASTM untuk pengukuran karakteristik termis, berat jenis (*specific gravity*), kerapatan (*density*), serta melakukan percobaan coolbox untuk mendapatkan bahan insulator yang dapat mempertahankan es lebih lama. Penambahan sabut kelapa pada komposit hanya dapat dilakukan hingga 60% sabut kelapa secara perbandingan volume. Semakin tinggi presentasi sabut kelapa yang terdapat pada komposit, semakin tinggi daya permeabilitasnya atau daya serap airnya. Berat jenis dan Kerapatan juga mengalami penambahan seiring dengan penambahan presentase jumlah sabut kelapa. Penambahan sabut kelapa 10, 20, 30% adalah insulator termal yang baik sesuai dengan standar ASTM yaitu 0,05 Watt/m°C pada komposit 30% sabut kelapa. Percobaan coolbox dengan bahan komposit 30%

sabut kelapa dapat mempertahankan es sampai mencair hingga 40 jam, lebih lama 2 jam dari pada penggunaan bahan 100% polyurethane.

3.3 Pembuatan Komposit

Sebelum melakukan pembuatan komposit tahapan yang dilakukan dalam pelaksanaan penelitian ini adalah:

1. Perbandingan Ekspansi

Penentuan perbandingan mengembang (ekspansi) berat campuran polyurethane terhadap volume dengan membentuk busa padat dengan mencampur larutan polyol dan isocynate (1:1) yang diaplikasikan pada volume pembuatan specimen dengan ukuran 250x250x25mm.

Tabel 3.1 Perbandingan Ekspansi (Nasution, 2014)

Kapasitas 1 ml	Berat	Volume	Berat Bersih	Total Berat	Waktu
Polyol	15.4391 gr	1 ml	1.4123 gr	3.2721 gr	6'28" dtk
Isocyanite	15.8866 gr	1 ml	1.8598 gr		
Polyurethane		14 cm ³	15.5902		
Polyurethane (gr/cm ³)				0.23	gr/cm ³

Berdasarkan Tabel 3.1, untuk membentuk volume 1 ml masing-masing larutan (*Polyol* dan *Isocynite*), dengan berat larutan polyol 1,4123 gram dan Isocynite 1,8598 gram pada total berat kedua larutan setelah dicampur 3,2721 gram. Kedua larutan kemudian diaduk merata dan mengalami ekspansi maksimum selama 6'28'' detik dengan membentuk volume polyurethane padat 14 cm³ dengan berat 15,5902 gram. Ini berarti bahwa. Larutan campuran mengalami ekspansi dengan volume 14 kali dari volume larutan awal dan membentuk 0,2337 gr/cm³. (Nasution, 2014)

2. Persiapan Serbuk Kayu

Serbuk kayu diayak dipisahkan dari potongan potongan kayu. Penjemuran dilakukan dengan dijemur dibawah terik

matahari selama sehari. Serta di lakukan pengukuran berat jenisnya. Pengukuran berat jenis(*Bulk Density*) diserahkan kepada Balai Riset dan Pengujian Jagir Wonokromo Surabaya. Hasil pengukuran didapatkan besar *bulk density* 30 g/ml.

3. Pembuatan Spesimen

- Spesimen 100% polyurethane

Diawali dengan pembuatan specimen 100% polyurethane pada cetakan 250x250x25mm. Penggunaan campuran polyol dan isocynate berdasarkan pengukuran perbandingan ekspansi terhadap berat larutan.

- Spesimen komposit polyurethane & serbuk kayu

Komposisi polyurethane dan serbuk kayu dibuat dengan penambahan serbuk kayu 10%, 20%, 30%, 40%, 50%, 60%, 70%, 80%, 90% pada specimen 250x250x25mm.

3.4 Pengukuran Karakteristik Termal Properties

1. Konduktivitas Termal

Pengukuran konduktivitas termal berdasarkan ASTM C177. Pengujian dilakukan pada specimen dengan meletakkan specimen diatas plat panas dan dingin yang kemudian diukur dengan menggunakan thermokopel pada kedua sisi bagian dalam kedua plat. Pengukuran konduktivitas dilakukan dengan menempelkan probe thermokopel pada bagian dalam kedua plat dan memasukkan probe thermokopel ke bagian tengah specimen yang diapit oleh kedua plat tersebut. Pencatatan temperature dilakukan pada menit ke 60 pada setiap specimen.

- Plat Panas(*Hot Plate*)

Plat pemanas dari bahan tembaga dengan ukuran 250x250x1mm tebal yang ditempekkan dengan heater. Plat pemanas yang menghasilkan heat flux dibungkus dengan alumunium foil untuk meminimalisir terjadinya heat losses saat pengukuran.

- Plat Dingin(*Cold Plate*)

Plat pendingin yang juga dari bahan tembaga dengan ukuran 250x250x1mm yang ditempelkan pipa dengan bahan tembaga untuk mengalirkan air sehingga plat pendingin dapat menurunkan temperature lingkungan.

Plat pemanas diletakkan pada bagian bawah yang telah ditempelkan satu probe thermokopel ditengan sisi dalam plat, dan plat pendingin disebelah atas yang juga ditempelkan satu probe thermokopel pada sisi dalam. Spesimen dijepitkan diantara kedua plat panas dan dingin dengan rapat, seluruh bagian dibungkus dengan alumunium foil yang dililitkan untuk menghindari kerugian panas pada saat pengukuran.

2. Aplikasi pengukuran Heat Transfer pada Coolbox

Dua peti pendingin berinsulasi (Coolbox) yang dibuat dari material 100% dan komposit serbuk paling optimal dengan ukuran bagian dalam 15x15x15cm dan tebal 2,5cm serta dilapisi dengan fiberglass pada bagian dalam dan luar setebal 1mm. Pada bagian dalam diisi dengan es kristal sejumlah 2 kg. pengukuran dilakukan tiap jam selama 40 jam yang diawali saat kondisi es penuh sampai es mencair keseluruhan sempurna. Pengukuran dilakukan pada specimen 100% polyurethane dan specimen komposit serbuk kayu-polyurethane yang memenuhi karakteristik bahan insulator yang paling baik dengan pertimbangan serbuk kayu yang paling banyak.

Pengujian perbandingan tersebut bertujuan untuk mengetahui kemampuan komposit dengan konduktivitas yang masih memenuhi karakteristik sebagai bahan insulator pada penambahan campuran serbuk kayu maksimum. Pengujian tersebut diaplikasikan pada kemampuan insulator komposit dalam mempertahankan temperature di dalam coolbox terhadap waktu, kondisi es mencair pada suhu es mencair sempurna(keseluruhan) yang dibandingkan dengan kemampuan pada penggunaan insulasi polyurethane 100%.

3.5 Perbandingan Ekonomis

Perbandingan keuntungan ekonomis dilakukan dengan membandingkan data kebutuhan material polyurethane yang diperoleh dari hasil pengamatan di lapangan dalam pembuatan insulasi palka kapal ikan 30GT di daerah Paciran, Lamongan dengan penggunaan komposit serbuk kayu-polyurethane sesuai dengan pengukuran yang sebelumnya dilakukan. Pengamatan dilakukan untuk memperoleh data – data sebagai berikut:

- Kebutuhan ruang insulasi pada palka(volume)
- Harga Polyurethane A dan B perkilogram
- Harga limbah serbuk gergaji

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Spesimen Komposit

Pengujian diawali dengan pembuatan specimen uji ukuran 250x250x25mm atau 1562.5cm³ dari bahan polyurethane murni 100% tanpa adanya bahan pencampuran. Pembuatan specimen dilanjutkan dengan melakukan pencampuran serbuk kayu sebagai komposit pada perbandingan 10-90% serbuk kayu.

Pembuatan specimen dilakukan sejumlah 10 keping dengan variasi:

1. Polyurethane 100%
2. Polyurethane 90% dan serbuk kayu 10%
3. Polyurethane 80% dan serbuk kayu 20%
4. Polyurethane 70% dan serbuk kayu 30%
5. Polyurethane 60% dan serbuk kayu 40%
6. Polyurethane 50% dan serbuk kayu 50%
7. Polyurethane 40% dan serbuk kayu 60%
8. Polyurethane 30% dan serbuk kayu 70%
9. Polyurethane 20% dan serbuk kayu 80%
10. Polyurethane 10% dan serbuk kayu 90%

Tabel 4.1 Kebutuhan Spesimen Uji

Spesi men No	% PU	Berat (gr)			% Serbuk Gergaji	Berat Serbuk Gergaji (gr)
		PU A	PU B	PU A+B		
1	100 %	183	183	366	0%	0
2	90%	165	165	330	10%	47
3	80%	146	146	292	20%	94
4	70%	128	128	256	30%	141
5	60%	110	110	220	40%	188

6	50%	92	92	184	50%	234
7	40%	73	73	146	60%	281
8	30%	55	55	110	70%	328
9	20%	36	36	72	80%	375
10	10%	18	18	36	90%	422



Gambar 4.1 Pembuatan Spesimen

Pembuatan spesimen uji hanya dapat dilakukan untuk specimen nomor 1 seperti pada gambar 4.1 sampai 5, atau pada 100% PU sampai percampuran 60% PU dan 40% serbuk kayu. Tidak dapat bercampurnya adonan saat percampuran dikarenakan terlalu sedikitnya jumlah PU sehingga tidak merata dan specimen tidak sempurna.

Spesimen dengan komposit polyurethane 50% atau dengan penambahan campuran serbuk kayu 50% atau lebih kecil, larutan polyurethane tidak dapat menyebar merata keseluruh bagian sisi dan menembus disela-sela serbuk kayu. Sehingga specimen tidak sempurna, mudah rusak dan serbuk kayu mudah terlepas yang dikarenakan minimnya bahan pengikat(polyurethane) seperti yang ditunjukkan pada gambar 4.2. Oleh sebab itu maka dalam penelitian ini pengukuran karakteristik termo fisik hanya dapat dilakukan pada komposit specimen polyurethane 60% dan serbuk kayu 40%.



Gambar 4.2 Spesimen 50% PU dan 50% Serbuk kayu

4.2 Karakteristik Termal Properties Komposit

Pengujian konduktivitas termal mengacu pada ASTM C1045, C177, C518. Pengujian dilakukan dengan pengapitkan specimen diantara dua plat yaitu plat panas dan dingin. Plat tembaga yang kemudian ditempelkan dengan sensor probe termokopel pada kedua sisi dalam. Pengukuran suhu yang dihasilkan pada plat panas dan dingin dilakukan dengan memasukkan termokopel dibagian tengah specimen yang diapit oleh kedua plat tersebut.



Gambar 4.3 Plat pendingin

1. Plat Pendingin(*cold plate*)

Plat tembaga dengan ukuran 250x250x1mm yang ditempelkan dengan pipa bediameter $\frac{1}{4}$ " dan dialiri oleh air dengan menggunakan pompa merk VOSSO 1200 tipe SN-1200 24Watt pada suhu air. Plat pendingin digunakan dapat menurunkan temperature lingkungan 1 C secara konstan. Plat pendingin dapat dilihat seperti pada gambar 4.3.

2. Plat Pemanas(*Hot Plate*)

Plat pemanas seperti yang ditunjukkan pada gambar 4.4 dari bahan tembaga dengan ukuran 250x250x1mm yang ditempelkan dengan heat elemen pada tegangan 220 volt, arus 0.03 A, 5,28 Watt.



Gambar 4.4 Plat pemanas

3. Komposit Insulator (Spesimen komposit)

Pengujian termal properties terdiri dari lima lempengan specimen komposit yang terdiri:

- Komposit polyurethane 100%
- Polyurethane 90% dan serbuk kayu 10%
- Polyurethane 80% dan serbuk kayu 20%
- Polyurethane 70% dan serbuk kayu 30%
- Polyurethane 60% dan serbuk kayu 40%

Pengukuran masing-masing specimen dilakukan dengan meletakkan plat pemanas pada bagian sisi bawah dan plat dingin pada bagian atas specimen dan plat dibungkus dengan aluminium foil untuk meminimalkan terjadinya losses temperature yang dialirkan pada bagian sisi specimen.

4. Instrumentasi Pengukuran



Gambar 4.5 Instrumentasi pengukuran termal properties

Pengukuran termal properties dengan menggunakan dua unit probe termokopel dengan spesifikasi Labjack T7-Pro yang disambungkan dengan unit komputer melalui USB dengan ketelitian $0,01^{\circ}$ serta Ampere meter dengan ketelitian $0,01A$ seperti yang ditunjukkan pada gambar 4.5.

5. Pengukuran Konduktivitas Termal

Peletakan specimen saat melakukan pengukuran seperti yang ditunjukkan pada gambar 4.6.

Pengukuran konduktivitas termal pada penelitian ini untuk mengetahui kemampuan menghantarkan panas dari plat pemanas yang bersumber pada arus listrik sebesar $5,28$ watt pada temperature ruangan $29^{\circ}C$. Berikut diperlihatkan hasil dari pengukuran konduktivitas termal pada setiap specimen komposit serbuk kayu-polyurethane pada tabel 4.2.



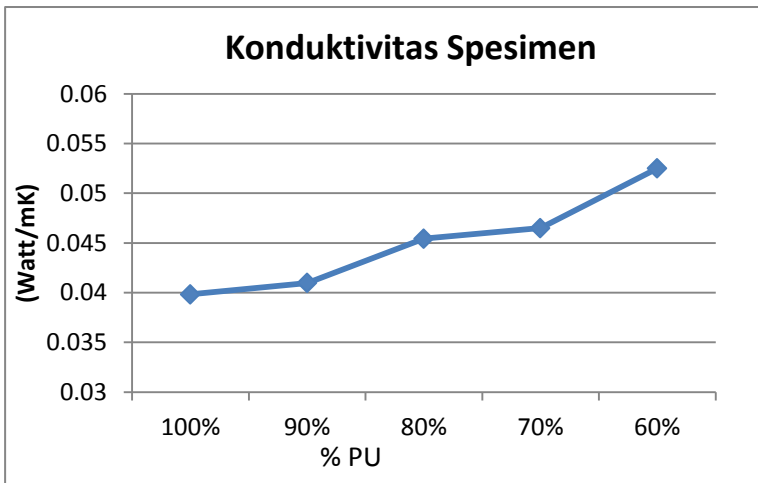
Gambar 4.6 Pengujian konduktivitas

Tabel 4.2 Pengukuran Temperatur dan Konduktivitas Spesimen

No	Komposisi		Luas cm ²	Temperature °C			Selisih (Th-Tc) °C	Konduktivitas (Watt/mK)
	PU %	Serbuk kayu %		Hot plat(Th)	Cold plat(Tc)	Spesimen (Ts)		
1	100	0	625	84.13	31.13	47.6	53	0.03984
2	90	10	625	82.93	31.4	50.23	51.53	0.04098
3	80	20	625	81.12	34.64	51.15	46.48	0.04543
4	70	30	625	77.75	32.33	48.52	45.42	0.04649
5	60	40	625	72.95	32.73	47.91	40.22	0.05251

Berdasarkan hasil pengukuran seperti yang ditunjukkan pada tabel 4.2 diatas, terlihat bahwa terjadi perbedaan temperature pada plat pemanas, plat dingin dan temperature specimen. Hasil pengukuran kemudian dilakukan perhitungan seperti yang ditunjukkan pada tabel diatas, dari kelima specimen konduktivitas termal komposit masih memenuhi syarat karakteristik termal yang digunakan sebagai isolator(pada syarat konduktivitas termal 0,02 W/m°C sampai 0,06 W/m°C) adalah specimen dengan pencampuran serbuk kayu 10%, 20%, 30%, dan 40%.

Penambahan serbuk kayu hingga 40%, memiliki konduktivitas termal yang masih dapat diterima sebagai insulator dengan konduktivitas termal $0,05251 \text{ W/m}^\circ\text{C}$. Karakteristik konduktivitas termal specimen komposit polyurethane-serbuk kayu, lebih jelasnya seperti diperlihatkan pada gambar 4.7 berikut:



Gambar 4.7 Konduktivitas termal specimen komposit polyurethane-serbuk kayu

Semakin tinggi prosentase penambahan serbuk kayu pada specimen komposit, maka konduktivitas termalnya semakin meningkat. Pada campuran maksimum yang dapat dilakukan yaitu dengan penambahan 40% serbuk kayu nilai konduktivitasnya masih dibawah $0,06 \text{ W/m}^\circ\text{C}$ yang artinya menurut Nasution, 2014 dapat digunakan sebagai bahan insulator.

4.3 Perbandingan Distribusi Temperatur pada Coolbox

Komposit dengan penambahan serbuk kayu yang memenuhi karakteristik termal sebagai insulator penahan panas maksimum dapat digunakan pada penambahan 40% serbuk kayu dengan konduktivitas termal pada $0.05252 \text{ W/m}^\circ\text{C}$ lebih kecil

dari pada $0.06 \text{ W/m}^{\circ}\text{C}$, yang biasa digunakan sebagai insulator. Ini berarti dapat menghemat penggunaan bahan insulator polyurethane sampai 40% dengan mencampurkan serbuk kayu.

Untuk mengetahui kemampuan isolator dalam menahan distribusi temperature, perlu dilakukan percobaan aplikasi dengan melakukan pengukuran perbandingan distribusi panas terhadap waktu pada kedua jenis insulator yaitu polyurethane 100% dengan komposit polyurethane 60% dan serbuk kayu 40% tersebut. Pengukuran aplikasi dilakukan pada dua buah coolbox yang terbuat dari 100% polyurethane dan komposit 60% polyurethane 40% serbuk kayu. Coolbox dibuat dengan kapasitas 3,3 liter, seperti yang ditunjukkan pada gambar 4.8 berikut:



Gambar 4.8 Aplikasi pengujian distribusi temperature specimen komposit serbuk kayu-polyurethane pada coolbox

Pengukuran dilakukan dengan menempelkan dua probe sensor termokopel pada bagian dalam coolbox dan satu pada bagian luar coolbox. Pada pengukuran diperoleh selisih temperature luar dan dalam coolbox yang terus diukur sampai pada waktu es mencair. Pada bagian dalam coolbox diisi dengan es kristal sejumlah 2 kg. Pengukuran dimulai pada saat mulai diletakkannya es, sampai sampai 40 jam.

Pengukuran suhu dilakukan dengan pencatatan setiap jam dan pengamatan kondisi fisik mencairnya es setiap dua jam. Perlakuan dan pengukuran dilakukan sama terhadap kedua specimen polyurethane 100% dan specimen dengan penambahan 40% serbuk kayu.

4.3.1 Coolbox 100% Polyurethane

Coolbox yang berbahan 100% polyurethane kemudian diisi dengan 2 kg es kristal. Pengukuran dilakukan setiap jam dan pencairan es setiap 2 jam selama 40 jam. Hasil pengukuran seperti ditunjukkan pada tabel berikut:

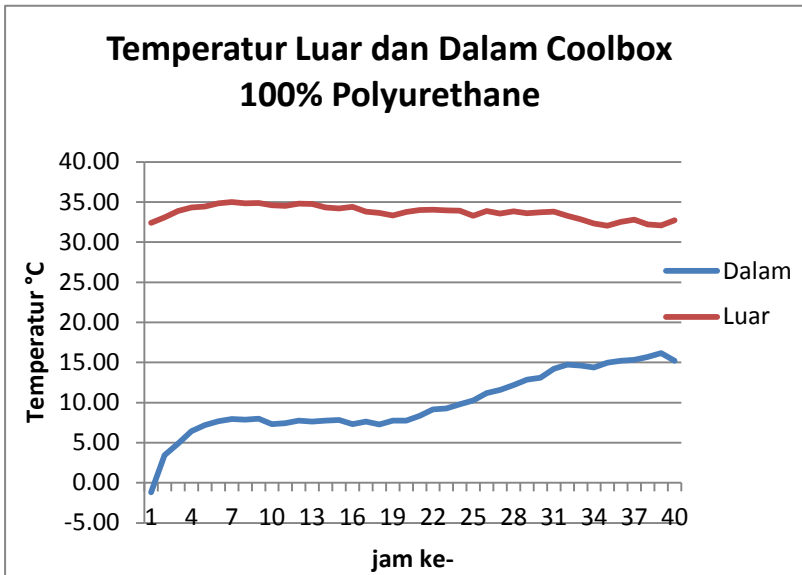
Tabel 4.3 Pengukuran temperature luar dan dalam pada coolbox 100% PU

Jam ke-	Temperatur	
	Dalam (°C)	lingkungan (°C)
1	-1.20	32.40
2	3.46	33.10
3	4.88	33.89
4	6.44	34.31
5	7.18	34.42
6	7.67	34.82
7	7.96	34.98
8	7.88	34.85
9	7.99	34.87
10	7.30	34.58
11	7.43	34.53
12	7.77	34.79
13	7.63	34.77
14	7.76	34.32
15	7.82	34.21

16	7.33	34.40
17	7.65	33.82
18	7.27	33.65
19	7.74	33.32
20	7.77	33.76
21	8.35	33.99
22	9.16	34.05
23	9.27	33.95
24	9.77	33.92
25	10.26	33.30
26	11.17	33.89
27	11.60	33.57
28	12.16	33.86
29	12.87	33.60
30	13.08	33.73
31	14.21	33.81
32	14.72	33.27
33	14.62	32.84
34	14.39	32.33
35	14.99	32.03
36	15.23	32.54
37	15.32	32.80
38	15.69	32.20
39	16.17	32.10
40	15.23	32.72

Selama 40 jam pengukuran dan pengamatan dengan suhu ruangan berkisar antara 32 – 34 °C, es dalam coolbox sudah mencair namun masih ada sisa. Temperatur terendah dalam

coolbox mencapai $-1,2\text{ }^{\circ}\text{C}$, dan tertinggi mencapai $16,17\text{ }^{\circ}\text{C}$. Seperti diperlihatkan pada gambar 4.9 berikut:



Gambar 4.9 Temperatur luar dan dalam coolbox 100% PU

Pada grafik diatas terlihat bahwa temperature luar coolbox rata-rata diatas $30\text{ }^{\circ}\text{C}$ dengan kenaikan suhu signifikan terjadi didalam coolbox pada 24 jam pertamana diatas $10\text{ }^{\circ}\text{C}$.

4.3.2 Coolbox komposit 60% PU; 40% serbuk kayu

Pengujian selanjutnya dilakukan pada coolbox berbahan 60% PU dan 40% serbuk kayu dengan perlakuan yang sama dengan pengujian 100% polyurethane. Coolbox diisi dengan 2 kg es kristal dan pengukuran dilakukan setiap jam. Pengamatan kondisi pencairan es setiap 2 jam selama 40 jam. Hasil pengukuran komposit dengan penambahan 40% serbuk kayu seperti ditunjukkan pada tabel 4.4 berikut:

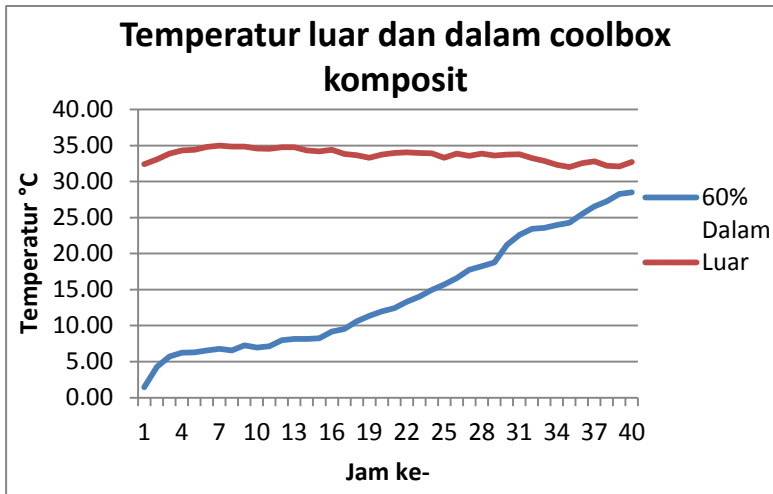
Tabel 4.4 Pengukuran temperature luar dan dalam pada coolbox 60% PU; 40% serbuk kayu

Jam ke-	Temperatur	
	Dalam (°C)	lingkungan (°C)
1	1.45	32.40
2	4.30	33.10
3	5.70	33.89
4	6.24	34.31
5	6.30	34.42
6	6.54	34.82
7	6.77	34.98
8	6.57	34.85
9	7.28	34.87
10	6.95	34.58
11	7.12	34.53
12	7.98	34.79
13	8.16	34.77
14	8.17	34.32
15	8.25	34.21
16	9.18	34.40
17	9.54	33.82
18	10.62	33.65
19	11.37	33.32
20	11.98	33.76
21	12.44	33.99
22	13.31	34.05
23	14.00	33.95
24	14.95	33.92

25	15.70	33.30
26	16.60	33.89
27	17.77	33.57
28	18.26	33.86
29	18.78	33.60
30	21.22	33.73
31	22.58	33.81
32	23.46	33.27
33	23.57	32.84
34	23.97	32.33
35	24.28	32.03
36	25.48	32.54
37	26.53	32.80
38	27.28	32.20
39	28.27	32.10
40	28.49	32.72

Berdasarkan pengukuran dan pengamatan, es mencair menjadi air dingin secara keseluruhan sempurna pada temperature 23,97 °C pada 34 jam di suhu ruangan sekitar 32 °C. Selama 40 jam, temperature terendah mencapai 1,45 °C dan tertinggi mencapai 28,49 °C.

Pada gambar 4.10 terlihat bahwa temperature rata-rata diatas 30 °C dengan kenaikan suhu signifikan terjadi didalam coolbox pada 17 jam diatas 10 °C rata-rata sampai dengan 34 jam dimana es sudah mencair sempurna menjadi air dingin pada suhu 23,97 °C.



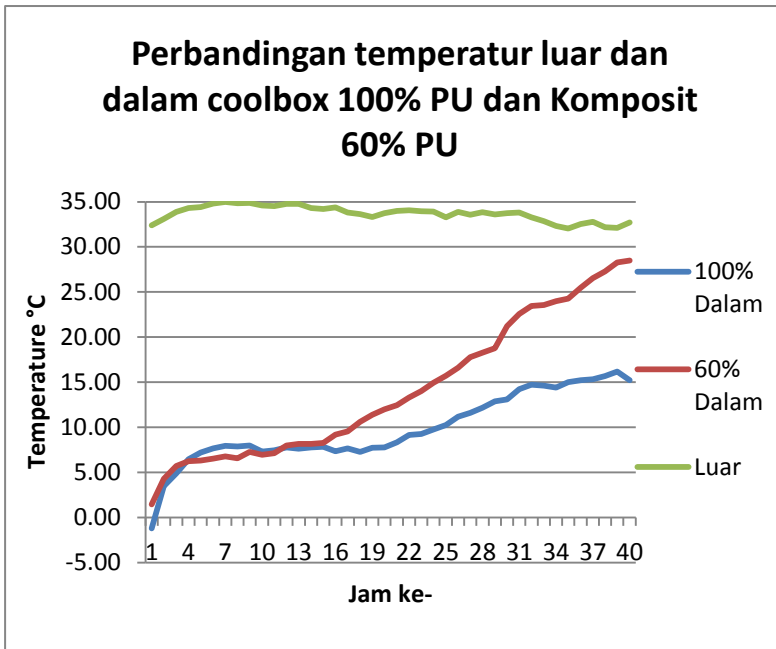
Grafik 4.10 Temperatur luar dan dalam coolbox 60% PU; 40% serbuk kayu

4.3.3 Perbandingan coolbox 100% Polyurethane dan Komposit 60% Polyurethane-40% serbuk kayu

Dari hasil pengukuran pengujian aplikasi perbandingan penggunaan insulasi polyurethane 100% dan komposit polyurethane 60% pada coolbox yang diisi dengan es pada temperature ruangan 32-34 °C diperoleh seperti yang ditunjukkan pada gambar 4.11.

Penggunaan insulator komposit 60% polyurethane dan 40% serbuk kayu menurunkan daya tahan untuk mempertahankan kondisi es dalam coolbox dibanding dengan menggunakan 100% polyurethane, dalam 34 jam awal es sudah mencair seluruhnya. Penggunaan komposit campuran 40% serbuk kayu mampu mempertahankan suhu dibawah 10°C selama 17 jam. Sedangkan penggunaan 100% polyurethane mampu mempertahankan suhu dibawah 10°C selama 24 jam. Namun komposit 60% polyurethane dapat digunakan sebagai insulator khususnya untuk palka kapal yang beroperasi *one day fishing*, karena masih dapat mempertahankan es sampai 34 jam, ini cukup untuk kebutuhan

sekali beroperasi. Selain itu, komposit dapat menghemat hingga 40% penggunaan polyurethane.



Gambar 4.11 Perbandingan temperature coolbox 100% PU dan komposit 60% PU-40%serbuk kayu

4.4 Perbandingan Matematis Distribusi Temperatur Coolbox

Perhitungan penentuan perpindahan kalor es mencair di dalam peti berinsulasi, seperti yang diilustrasikan pada gambar 4.12.

Perpindahan kalor es dari dalam coolbox:

$$Q = U \cdot A \cdot \Delta T \text{ (kkal)}$$

Dimana:

$$U = 1/R_{total} \text{ (W/m}^2\text{°C)}$$

$$U = \frac{1}{\frac{1}{h_1.A} + \frac{x_1}{k_1.A_1} + \frac{x_2}{k_2.A_2} + \frac{1}{h_2.A_2}}$$

Dimana factor koefisien perpindahan panas konveksi pada palka:

h_1 = dalam palka berinsulasi = 20 W/m²°C

h_2 = air dingin dalam palka = 5 W/m²°C

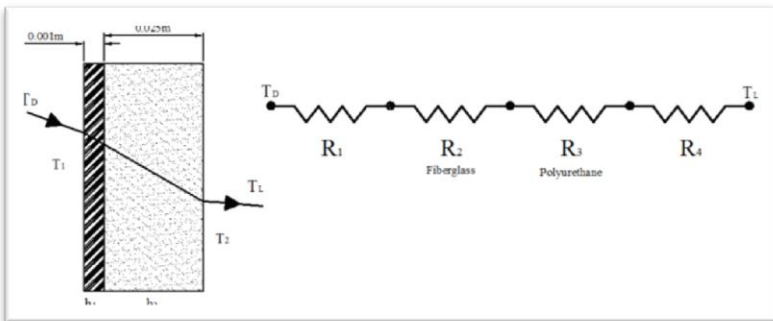
dan

x_1 = tebal dinding fiberglass = 0.001 m

x_2 = tebal dinding insulator = 0.025 m

k_1 = konduktivitas termal fiberglass = 0.036

k_2 = konduktivitas termal (polyurethane 100% = 0.0398, komposit 60% polyurethane 40% serbuk = 0.0525)



Gambar 4.12 Electrical diagram perpindahan temperatur es dari dalam coolbox

4.4.1 Coolbox Polyurethane 100%

$$U = \frac{1}{\frac{1}{20} + \frac{0.001}{0.036} + \frac{0.025}{0.0398} + \frac{0.001}{0.036} + \frac{1}{5}}$$

$$U = 1/R_{total} = 1/0.933$$

$$U = 1.071 \text{ W/m}^2\text{°C}$$

Perpindahan kalor pada 1 jam pertama ($T_d = -1.2^\circ\text{C}$, $T_l = 32.4^\circ\text{C}$)

$$Q = \frac{\Delta T}{R_{total}}$$

$$Q = \frac{32,4 - (-1,2)}{0,933}$$

$$Q = 41,82 \text{ Watt}$$

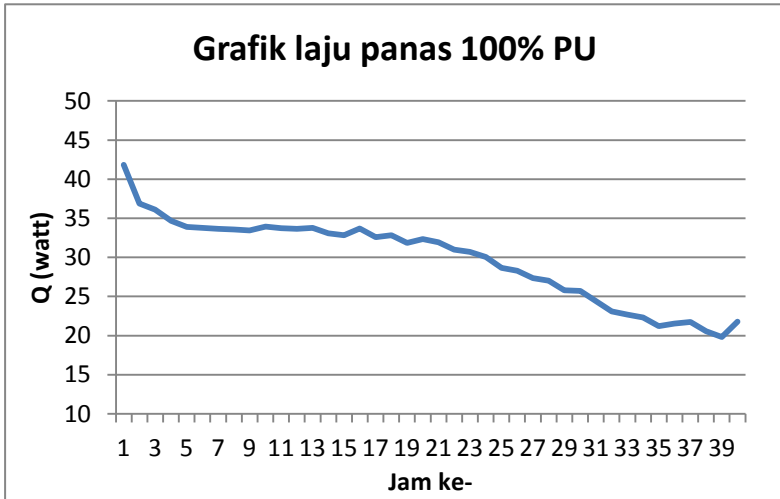
Begitu seterusnya hingga 40 jam. Perhitungan matematis laju kalor dan hasil pengukuran diperlihatkan pada tabel 4.5.

Tabel 4.5 Perhitungan heat transfer pada coolbox 100% PU

Polyurethane 100%			
Jam ke-	Temperatur		Q (Watt)
	Dalam (°C)	Luar (°C)	
1	-1.20	32.40	41.82
2	3.46	33.10	36.89
3	4.88	33.89	36.11
4	6.44	34.31	34.69
5	7.18	34.42	33.91
6	7.67	34.82	33.79
7	7.96	34.98	33.63
8	7.88	34.85	33.57
9	7.99	34.87	33.46
10	7.30	34.58	33.96
11	7.43	34.53	33.73
12	7.77	34.79	33.63
13	7.63	34.77	33.78
14	7.76	34.32	33.06
15	7.82	34.21	32.85
16	7.33	34.40	33.69
17	7.65	33.82	32.57
18	7.27	33.65	32.84
19	7.74	33.32	31.84
20	7.77	33.76	32.35

21	8.35	33.99	31.91
22	9.16	34.05	30.98
23	9.27	33.95	30.72
24	9.77	33.92	30.06
25	10.26	33.30	28.68
26	11.17	33.89	28.28
27	11.60	33.57	27.35
28	12.16	33.86	27.01
29	12.87	33.60	25.80
30	13.08	33.73	25.70
31	14.21	33.81	24.40
32	14.72	33.27	23.09
33	14.62	32.84	22.68
34	14.39	32.33	22.33
35	14.99	32.03	21.21
36	15.23	32.54	21.55
37	15.32	32.80	21.76
38	15.69	32.20	20.55
39	16.17	32.10	19.83
40	15.23	32.72	21.77

Dapat dilihat bahwa pada beberapa jam awal pengukuran nilai laju panas cukup besar, dan nilai laju panas dapat bertahan di sekitar 32 watt hingga jam ke 20 kemudian berangsur angsur turun. Dapat dilihat pada gambar 4.13.



Gambar 4.13 Grafik laju panas coolbox 100% PU

4.4.2 Coolbox Polyurethane 60%, Serbuk Kayu 40%

$$U = \frac{1}{\frac{1}{20} + \frac{0.001}{0.036} + \frac{0.025}{0.0525} + \frac{0.001}{0.036} + \frac{1}{5}}$$

$$U = 1/R_{total} = 1/0.781$$

$$U = 1.279 \text{ W/m}^2\text{°C}$$

Perpindahan kalor pada 1 jam pertama ($T_d = 1.45^\circ\text{C}$, $T_l = 32.4^\circ\text{C}$)

$$Q = \frac{\Delta T}{R_{total}}$$

$$Q = \frac{32.4 - 1.45}{0.781}$$

$$Q = 46.02 \text{ Watt}$$

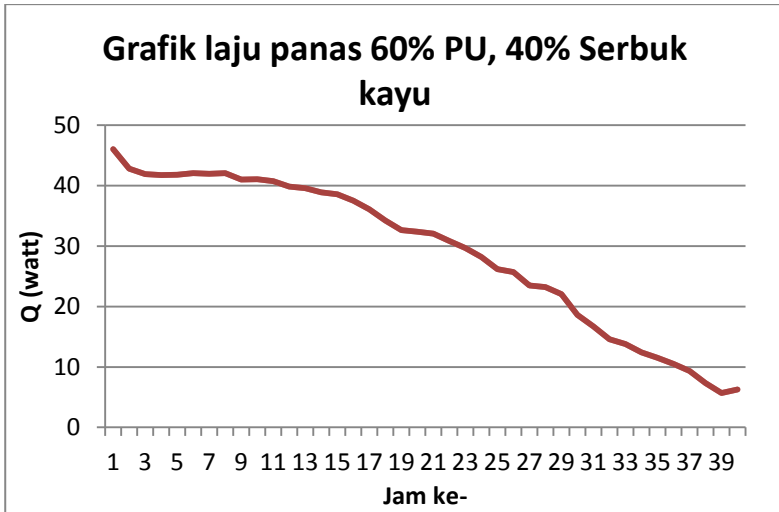
Begitu seterusnya hingga 40 jam. Perhitungan matematis laju kalor dan hasil pengukuran diperlihatkan pada tabel 4.6.

Tabel 4.6 Perhitungan heat transfer pada coolbox 60%PU, 40% serbuk kayu

Polyurethane 60%, Serbuk Kayu 40%			
Jam ke-	Temperatur		Q (Watt)
	Dalam (°C)	Luar (°C)	
1	1.45	32.40	46.02
2	4.30	33.10	42.82
3	5.70	33.89	41.91
4	6.24	34.31	41.73
5	6.30	34.42	41.81
6	6.54	34.82	42.05
7	6.77	34.98	41.94
8	6.57	34.85	42.05
9	7.28	34.87	41.02
10	6.95	34.58	41.08
11	7.12	34.53	40.75
12	7.98	34.79	39.86
13	8.16	34.77	39.56
14	8.17	34.32	38.88
15	8.25	34.21	38.60
16	9.18	34.40	37.50
17	9.54	33.82	36.10
18	10.62	33.65	34.24
19	11.37	33.32	32.63
20	11.98	33.76	32.38
21	12.44	33.99	32.04
22	13.31	34.05	30.84
23	14.00	33.95	29.66
24	14.95	33.92	28.20

25	15.70	33.30	26.17
26	16.60	33.89	25.71
27	17.77	33.57	23.49
28	18.26	33.86	23.19
29	18.78	33.60	22.03
30	21.22	33.73	18.60
31	22.58	33.81	16.70
32	23.46	33.27	14.59
33	23.57	32.84	13.78
34	23.97	32.33	12.43
35	24.28	32.03	11.52
36	25.48	32.54	10.50
37	26.53	32.80	9.32
38	27.28	32.20	7.31
39	28.27	32.10	5.69
40	28.49	32.72	6.29

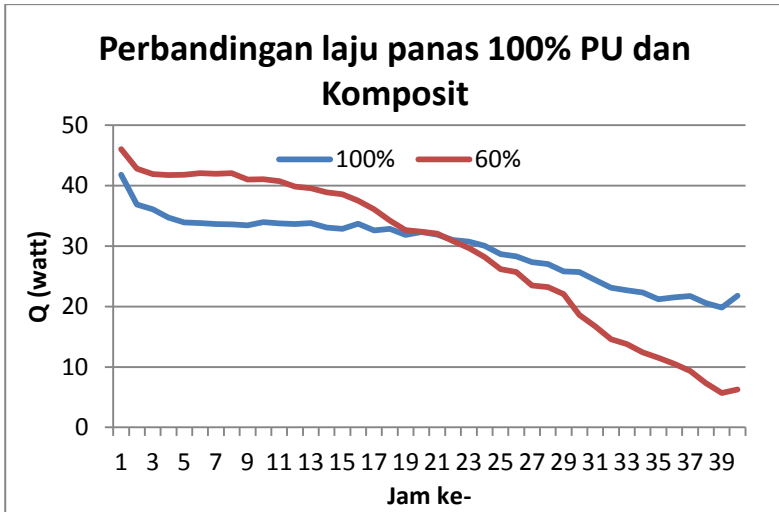
Dapat dilihat bahwa pada beberapa jam awal pengukuran nilai laju panas cukup besar, dan nilai laju panas dapat bertahan di sekitar 41 watt hingga jam ke 11 kemudian berangsur angsur turun. Dapat dilihat pada gambar 4.14.



Gambar 4.14 Grafik laju panas coolbox 60% PU, 40% serbuk kayu

4.4.3 Perbandingan coolbox polyurethane 100% dan komposit penambahan 40% serbuk kayu

Perbandingan perpindahan panas dari dalam coolbox berinsulasi seperti pada gambar 4.15 bahwasanya pada insulator komposit polyurethane 60% dan 40% serbuk kayu lebih cepat dibandingkan dengan insulator polyurethane 100%. Jelas terlihat bahwa semakin kecil nilai konduktivitas termal bahan insulator kemampuan menghantarkan panas rendah sehingga untuk konduktivitas termal kurang dari $0,06 \text{ Watt/m}^\circ\text{C}$ adalah baik digunakan sebagai insulator penahan suhu di dalam palka, karena dapat mempertahankan temperature didalamnya selama periode tertentu.



Gambar 4.15 Perbandingan perpindahan panas pada coolbox berinsulasi 100% PU dan komposit penambahan 40% serbuk kayu

4.5 Analisa Ekonomis

Dari hasil pengamatan pembuatan insulasi palka kapal ikan di Paciran, Lamongan. Dibutuhkan 420 kg campuran PU A dan PU B untuk insulasi sebesar 4,8 m³ dengan harga Rp 32000 per kilogram PU.

Tabel 4.7 Harga barang satuan di pasar

No	Nama	Harga
1	PU A	Rp 32.000/Kg
2	PU B	Rp 32.000/Kg
3	Serbuk kayu	Rp 10.000/ karung/ 15 Kg

Tabel 4.8 Kebutuhan produksi 100% PU

100% Polyurethane				
Volume (m ³)	Berat (kg)		Harga perkilogram	Rupiah
4,8	210 (A)	210 (B)	32.000	13.440.000
			Total	13.440.000

Pada pengamatan pembuatan insulasi palka kapal ikan 30GT di Paciran Lamongan, dibutuhkan 420 kilogram polyurethane untuk insulasi sebesar 4,8 m³ dengan harga Rp 32.000 perkilogram dan total biaya untuk pembelian sebesar Rp 13.440.000.

Tabel 4.9 Kebutuhan produksi komposit 60%PU & 40% Serbuk

Campuran 60% PU dan 40% Serbuk kayu					
Volume (m³)	Volume 60% PU (m³)	Berat (kg)		Harga perkilogram	Rupiah
4,8	2,88	126 (A)	126 (B)	32.000	8.064.000
	Volume 40% Serbuk (m³)	Berat (kg)		Harga per karung (15kg)	
	1,92	576 (39 sak)		10.000	390.000
Man power	Hari	Pekerja		Gaji perhari	
	1	5		100.000	500.000
				Total	8.954.000

Pada pengaplikasian komposit campuran 60% polyurethane dan 40% serbuk kayu, terjadi pengurangan biaya

konsumsi polyurethane sebanyak 40% namun ada tambahan biaya Rp 390.000 untuk pembelian serbuk kayu serta dilakukan estimasi penambahan biaya man power selama 1 hari untuk 5 orang pekerja sebesar Rp 500.000. Total biaya kebutuhan untuk insulasi berbahan komposit ini adalah Rp 8.954.000. Dengan penggunaan komposit ini, keuntungan investasi awal sebesar Rp 4.486.000.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 KESIMPULAN

Berdasarkan hasil perhitungan dan pengujian komposit serbuk kayu-polyurethane sebagai insulasi termal maka kesimpulan dibagi menjadi:

5.1.1 Teknis

1. Penambahan serbuk kayu maksimum dapat dilakukan adalah 40% dari total volume bahan campuran, yaitu polyurethane dan serbuk kayu. Penambahan serbuk kayu lebih dari 40% tidak dapat dilakukan karena bahan komposit (serbuk kayu-polyurethane) tidak dapat berikatan dengan baik karena dengan sedikitnya jumlah cairan polyurethane yang tidak dapat menembus sela-sela serbuk kayu sehingga mudah terpisah dari bentuk lempengan asalnya.
2. Penambahan serbuk kayu 10, 20, 30, dan 40% adalah insulator termal yang baik sesuai standart ASTM.
3. Konduktivitas termal insulator yang baik dan ekonomis pada penambahan 40% serbuk kayu (konduktivitas $0.05252 \text{ W/m}^{\circ}\text{C}$).
4. Aplikasi coolbox insulator komposit serbuk kayu-polyurethane mampu mempertahankan es hingga mencair sempurna pada 34 jam, lebih cepat dari kemampuan aplikasi 100% polyurethane yang dapat mempertahankan es hingga lebih dari 40 jam.
5. Nilai laju panas pada komposit 60% polyurethane, 40% serbuk kayu pada 10 jam awal bertahan di atas 41 watt kemudian berangsur angsur turun. Sedangkan pada 100% PU, dapat menahan laju panas rata rata sebesar 32 watt pada 20 jam awal lalu kemudian berangsur angsur turun.

5.1.2 Ekonomis

5. Keuntungan secara ekonomis dalam pembuatan insulasi palka sebesar $4,8 \text{ m}^3$ dengan pengaplikasian komposit 60%PU dan

40%Serbuk kayu didapatkan sebesar Rp 4.486.000 dibanding dengan pembuatan insulasi 100% Polyurethane.

5.2 SARAN

1. Penelitian sebaiknya dilanjutkan dengan pengujian kekuatan, kelembaban dan daya tahan komposit terhadap pelapukan dan waktu.
2. Untuk mendapatkan hasil yang lebih sempurna, penelitian lebih baik menggunakan peralatan dan perlengkapan pengujian yang baku dan sudah bersertifikat standart pengujian bahan insulasi.
3. Lebih aplikatif dengan dilanjutkan pada pengukuran penyerapan panas ikan pada coolbox.

DAFTAR PUSTAKA

- ASTM C 518 (1998), “*Standart Test Method for Steady-State Thermal Transmission Properties by Means of the Heat Flow Meter Apparatus*”, Annual Book of ASTM
- ASTM C 1045 (1997), “*Standart Practice for Calculating Thermal Transmission Properties Under Steady-State Conditions*”, Annual Book of ASTM
- Badrawada, I, G, Gde., Susilo, A. 2009. Pengaruh Kepadatan Papan Partikel Dari Tiga Jenis Serbuk Kayu Terhadap Nilai Konduktivitas Panasnya. Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknologi Industri, Institut Sains & Teknologi AKPRIND., Surabaya
- Fauzalm. (2017, 19 Januari). Penanganan Ikan di Atas Kapal. Diakses pada 19 Januari 2017, dari <https://fauzalm.wordpress.com/2013/01/07/penanganan-ikan-di-atas-kapal-2/>
- Kholis, M. N., Syofyan, I., Isnaniah. 2014. Study Use Powder As Raw Materials Manufacturing Saws Insulator Cooling Box Fish (Coolbox) Used Traditional Fisherman.
- Kwality Products. (2017, 19 Januari). Polyurethane Foam (PUF) 50MM. Diakses pada 19 Januari 2017, dari http://kwalityproducts.in/%20106_Polyurethane-Foam-%28PUF%29-50MM.html
- Nasution, P., Fitri, S, P., Semin. 2014. Karakteristik Sabut Kelapa Sebagai Insulator Palka Ikan, Berkala Perikanan Terubuk. Hal 82-92 ISSN 0126 – 4265

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

LAMPIRAN I

BAHAN DAN ALAT



Ampere meter



Thermocouple



Pipa tembaga & Pompa Vosso



Thermal Grease



Release agent



Serbuk kayu



Polyurhetane A&B



Timbangan & Gelas ukur

LAMPIRAN II

APPARATUS & SPESIMEN



Bending pipa tembaga



Aplikasi Thermal Grease



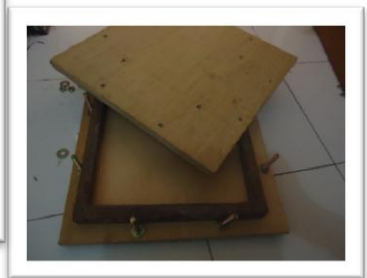
Plat pemanas



Pengeringan serbuk kayu



Plat pendingin



Cetakan specimen



Spesimen 100% PU 250x250x25mm



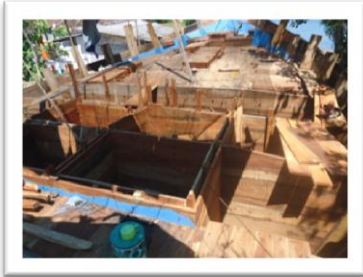
Pengukuran konduktivitas thermal



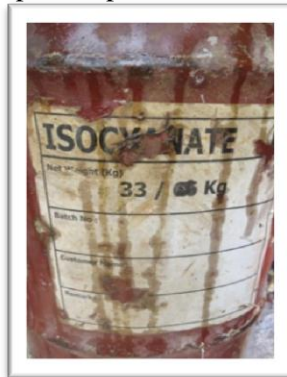
Pengujian coolbox

LAMPIRAN III

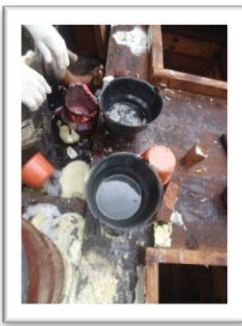
PENGAMATAN DI LAPANGAN



Pembuatan palka pada kapal



Polyurethane A dan B



Aplikasi polyurethane pada insulasi palka



Tumpukan serbuk kayu dan serbuk kayu dalam karung siap jual pada industri penggergajian kayu

LAMPIRAN IV

LAPORAN UJI DENSITY



**BADAN PENELITIAN DAN PENGEMBANGAN INDUSTRI
BALAI RISET DAN STANDARDISASI INDUSTRI SURABAYA
LABORATORIUM PENGUJIAN DAN KALIBRASI
BARISTAND INDUSTRI SURABAYA**

Jl. Jagir Wonokromo No. 360 Surabaya (60244), Telp. (031) 8410054, Fax. (031) 8410480
<http://baristandsurabaya.kemperin.go.id/>

LAPORAN HASIL UJI

TESTING REPORT

4347/LHU/1/X/2016

Nomor Analisa <i>Analyze Number</i>	: 2016P5723
Komoditi <i>Commodity</i>	: Serbuk Kayu
Merk <i>Brand</i>	: -
Dibuat untuk <i>Executed for</i>	: Mochamad Hidayat
Alamat <i>Address</i>	: Jl. Gebang Kidul gg. Puskesmas No. 41 Surabaya-Jawa Timur
Jenis usaha <i>Type of Business</i>	: -
Diterima tanggal <i>Date of Acceptance</i>	: 12-Oktober-2016
Metode Uji <i>Testing Method</i>	: Terlampir
Metode Pengambilan Contoh <i>Sampling Method</i>	: -
Hasil Pengujian <i>Test Result</i>	: Terlampir
Uraian Sampel <i>Detail of Sample</i>	: 150 gram serbuk kayu dalam plastik

Diterbitkan Tanggal 27-Oktober-2016
Laboratorium Kimia dan Lingkungan



Perhatian :
Laporan Hasil Uji hanya berlaku untuk contoh diatas
Laporan Hasil Uji ini tidak boleh digandakan kecuali seluruhnya
Kode Dok : PM - 7.09.02 1/0

Hdl. 1 dari 2 (Page 1 of 2)

LAPORAN HASIL UJI

No. 4347/LHU/1/X/2016

Nomor Analisa : 2016P5723
Contoh : Serbuk Kayu

Nama Pengirim : Mochamad Hidayat

Merk : -
Diterima Tanggal : 12-Oktober-2016
Catatan Sampel : 150 gram serbuk kayu dalam plastik

Alamat : Jl. Gebang Kidul gg. Puskesmas No. 41
Surabaya - Jawa Timur

Parameter Uji	Satuan	Hasil Uji	Metode Uji
Bulk Density	g/ml	0,30	Gravimetri

Catatan :
Parameter uji sesuai parameter

Surabaya, 27-Oktober-2016
Penyelia Teknik
Laboratorium Kimia

Ardhaningtyas Riza Utami, ST, MT
NIP. 197808232005022001

Hal. 2 dari 2 (Page 2 of 2)

Perhatian :
Laporan Hasil Uji hanya berlaku untuk contoh diatas
Laporan Hasil Uji ini tidak boleh digandakan kecuali seluruhnya
Kode Dok : FM - 7.09.02 - 1/0

BIODATA PENULIS



Penulis dilahirkan di Lamongan, 21 Mei 1993. Setelah lulus dari SMAN 2 Lamongan, penulis melanjutkan pendidikan D3 Teknik Bangunan Kapal di Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya dan lulus tahun 2014. Kurang dari setahun penulis bekerja di bidang desain perpipaan kapal, dan kemudian pada awal 2015 melanjutkan studi S1 di Departemen

Sistem Perkapalan FTK ITS dengan mengambil program Lintas Jalur. Penulis mengambil konsentrasi di bidang Marine Machinery and System pada tingkat akhir atau saat pengerjaan skripsi.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”